Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 16, No. 2, 2024, p. 369-389

The Effect of Different Combinations of Nitrogen Fertilizer with Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Residue Compost and Cultivation Place on the Growth and Yield of Silage Corn (S.C.704) (*Zea mays* L.) under Drought Stress in Khuzestan, Iran

Seyed Ahmad Pourjamshid [1], Ali Moshatati [2*], Seyed AtaAllah Siadat [3], Mohammad Reza Moradi Telavat [2] and Aydin Khodaei Joghan [2]

1, 2, 3, - Ph. D. Student, Associate Professor and Professor, Respectively, Department of Plant Production and Genetic Engineering, College of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran, respectively.
(*- Corresponding author's Email: A.moshatati@asnrukh.ac.ir)

Received: 04-03-2023 Revised: 05-05-2023 Accepted: 24-05-2023 Available Online: 24-05-2023	**How to cite this article:** Pourjamshid, S.A., Moshatati, A., Siadat, S.A., Moradi Telavat, M.R., & Khodaei Joghan, A. (2024). The effect of different combinations of nitrogen fertilizer with sugarcane residue compost and cultivation place on the growth and yield of silage corn (S.C.704) under drought stress in Khuzestan, Iran. *Journal of Agroecology, 16*(2), 369-389. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/agry.2023.81459.1150

Introduction

Drought stress is one of the most important abiotic stresses that can seriously reduce crop yield depending on the season, intensity, and time of occurrence. Corn (*Zea mays* L.) cultivation and production in Khuzestan province face limitations such as lack of water resources in summer, low percentage of soil organic matter, heavy soil texture, and soil salinity that one of the reasons for which is the excessive use of chemical fertilizers, which can reduce some of these problems by using crop management and breed methods. Using compost fertilizer has beneficial effects on the physical, chemical, and biological conditions of the soil and has positive effects on grain yield and yield components of crop plants. Also, one of the factors affecting the growth and development of crops is the method and pattern of cultivation, which affects the distribution of plants in the field, distances between plants, the use of growth sources such as light, water, and soil nutrients, competition between plants, etc. that finally, these factors affect the growth and yield of crops. This study was designed with the aim of investigating the response of silage corn to the effect of the place of cultivation and different replacement ratios of nitrogen fertilizer and organic fertilizer (sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) residue compost) under drought stress conditions in the Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.

Materials and Methods

https://doi.org/10.22067/agry.2023.81459.1150

This experiment was conducted as a split split-plot arrangement in a randomized complete block design with three replications in the summer of 2021 in the experimental farm of the agricultural college of Ramhormoz in Khuzestan province. Experimental factors including irrigation regimes at three levels; Irrigation after draining 30% of available moisture in root development depth (I_1: control irrigation), irrigation after draining 50% of available moisture in root development depth (I_2: mild stress) and irrigation after draining 70% of available moisture in root development depth (I^3: severe stress) in the main plots, five fertilizer treatments including the complete supply of nitrogen required by the plant through chemical nitrogen fertilizer (N_1) (180 kg.ha^{-1} nitrogen), 75% nitrogen+ 25% compost (N_2) (135 kg.ha^{-1} nitrogen+ 12.5 ton.ha^{-1} compost), 50% nitrogen+ 50% compost (N3) (90 kg.ha^{-1} nitrogen+ 25 ton/ha compost), 25% nitrogen+ 75% compost (N_4) (45 kg.ha^{-1} nitrogen+ 37.5 ton/ha compost) and the complete supply of nitrogen required by the plant through the sugarcane residues compost (N5) (50 ton.ha^{-1} compost) in the sub plots and the planting site was by two methods of planting on ridges (P_1) and planting in furrows (P_2) in the sub-sub plots.

Results and Discussion

Variance analysis showed that the effect of different levels of drought stress caused by different irrigation regimes, ratios of chemical and organic fertilizer replacement and cultivation methods was significant on all the measured traits. A mean comparison of the interaction effect of the cultivation method and combined application of nitrogen fertilizer and sugarcane residue compost under drought stress conditions showed that the treatment of 50% chemical fertilizer+ 50% organic fertilizer (consumption of 180 kg.ha^{-1} of nitrogen fertilizer and 25 tons.ha^{-1} of sugarcane residue compost) compared to other treatments, caused a significant increase in total fresh yield and total dry yield of corn. Under favorable irrigation conditions, the chemical nutrition treatment resulted in the highest total dry yield, with the combined nutrition treatments ranking next. However, under conditions of mild and severe drought stress, the combined nutrition treatments produced a higher yield compared to both the chemical and organic treatments.

Conclusion

In general, based on the results of this experiment, it seems that the integrated application of chemical fertilizer along with organic fertilizer with the providing of nutrients, their gradual release, and maintaining moisture in the soil and planting in furrows by maintaining more moisture and creating a suitable microclimate for the plant has developed growth, moderated drought stress, and increased corn yield.

Keywords: Available moisture, Dry yield, Integrated application, Planting in furrows

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، ص ۳۸۹-۳۶۹

اثر ترکیبات مختلف کود نیتروژن با کمپوست بقایای نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) و محل کشت بر رشد و عملکرد ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) (S.C.704) تحت تنش خشکی در خوزستان

سید احمد پورجمشید[1]، علی مشتطی[2]*، سید عطا اله سیادت[3]، محمد رضا مرادی تلاوت[2] و آیدین خدایی جوقان[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۲/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۰۳

چکیده

به‌منظور بررسی واکنش ذرت سیلوئی (*Zea mays* L.) به محل کشت و نسبت‌های مختلف کود نیتروژن و کود کمپوست بقایای نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در شرایط تنش خشکی، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در تابستان ۱۴۰۰ در مزرعه آزمایشی هنرستان کشاورزی شهرستان رامهرمز در استان خوزستان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه سطح آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس، ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس و ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس در کرت‌های اصلی، پنج تیمار کودی شامل ۱۰۰ درصد نیتروژن، ۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست،۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست، ۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست و ۱۰۰ درصد کمپوست در کرت‌های فرعی و دو روش کاشت در رأس پشته و کف جوی در کرت‌های فرعی فرعی بودند. تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح تنش خشکی، کود شیمیایی و کود آلی و روش کشت بر صفات ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، طول بلال، قطر بلال، عملکرد خشک برگ، ساقه و بلال، عملکرد تر و خشک کل و نسبت بلال به کل معنی‌دار است. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش روش کشت و کاربرد کود نیتروژن و کمپوست بقایای نیشکر در شرایط تنش خشکی نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب (شاهد بدون تنش)، بیشترین عملکرد خشک کل (۲۵۸۴۷ کیلوگرم در هکتار) از ۱۰۰ درصد نیتروژن و کشت در کف جوی و کمترین (۱۵۷۲۵ کیلوگرم در هکتار) از ۱۰۰ کمپوست و کشت در رأس پشته حاصل شد. در شرایط تنش خشکی ملایم، حداکثر عملکرد خشک کل (۲۰۱۹۳ کیلوگرم در هکتار) از ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی و حداقل آن (۱۲۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) از ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته به‌دست آمد. همچنین در شرایط تنش شدید، بالاترین عملکرد خشک کل (۱۳۷۴۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی و کمترین آن (۱۰۲۴۲ کیلو گرم در هکتار) از ۱۰۰ کمپوست و کشت در رأس پشته به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تیمار تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست نسبت به سایر تیمارها به‌ویژه در شرایط تنش خشکی (ملایم و شدید)، باعث افزایش عملکرد خشک کل علوفه ذرت شد و ثبات عملکردی بالاتری داشت. به‌طور کلی، کاربرد تلفیقی کود نیتروژن با کمپوست، با فراهمی عناصر غذایی، آزاد کردن تدریجی آن‌ها و نگهداشت رطوبت در خاک و کاشت در کف جوی با حفظ رطوبت بیشتر و ایجاد میکروکلیمای مناسب برای گیاه، موجب توسعه رشد، تعدیل تنش خشکی و افزایش عملکرد علوفه ذرت شده است.

واژه‌های کلیدی: رطوبت قابل دسترس، عملکرد خشک، کاربرد تلفیقی، کشت کف جوی

۱، ۲، و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

(*- نویسنده مسئول: Email: A.moshatati@asnrukh.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/agry.2023.81459.1150

مقدمه

گیاه ذرت به‌دلیل توانایی تولید بالا و سازگاری مناسب می‌تواند نقش مهم و مؤثری در تأمین علوفه مورد نیاز دام به‌ویژه برای فصل زمستان ایفا نماید (Dinler et al., 2014). علاوه برآن، گیاه ذرت (*Zea mays* L.) با وجود داشتن یک مرحله برداشت، عملکرد ماده خشک بالایی دارد، سیلوی آن به‌آسانی تهیه می‌شود و علوفه‌ای خوش‌خوراک و با کیفیت پایدار برای دام است و انرژی بیشتری نسبت به سایر علوفه‌ها دارد (Momeni, 2011). در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹، بیشترین میزان تولید آبی از بین محصولات زراعی مربوط به ذرت علوفه‌ای با تولید حدود ۱۲/۵ میلیون تن و سهم ۱۹/۱ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی آبی بوده است که استان فارس با ۱۸/۵ درصد، خوزستان با ۱۷/۸ درصد و تهران با ۱۲/۳۳ درصد، رتبه های اول تا سوم تولیدکنندگان ذرت علوفه‌ای کشور را داشتند (MAJ, 2021).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که بسته به فصل، شدت و زمان وقوع می‌تواند به‌صورت جدی موجب کاهش عملکرد گیاهان زراعی شود. بنابراین، مدیریت تغذیه گیاه در شرایط تنش، یکی از مسائل مهم در تولید محصولات گیاهی محسوب می شود. تنش خشکی هر ساله عملکرد جهانی ذرت را حدود ۱۷ درصد کاهش می‌دهد و در بعضی مناطق تا ۷۰ درصد هم گزارش شده است (Dastbandan-Nejad et al., 2010). علاوه‌برآن، تنش خشکی و کمبود منابع آبی، مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصول در مناطق خشک و نیمه خشک از جمله استان خوزستان است (Deheghan et al., 2017).کشت و تولید ذرت در استان خوزستان با محدودیت‌هایی مثل کمبود منابع آبی در تابستان، پایین بودن درصد ماده آلی خاک، سنگین بودن بافت خاک و شوری اراضی مواجه است که یکی از دلایل آن استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی است که می‌توان با استفاده از روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی، برخی از این مشکلات را کاهش داد. یکی از راهکارهای مدیریت زراعی برای کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی و افزایش ماده آلی خاک، استفاده از مواد طبیعی مثل کودهای آلی تحت شرایط کم آبیاری و تنش خشکی در خاک است که باعث افزایش ظرفیت نگهداشت آب در خاک، ارتقاء میزان ماده آلی و تعادل pH خاک، افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز مثل نیتروژن و آزادسازی تدریجی آن‌ها، اصلاح ساختمان خاک، افزایش فعالیت فلور میکربی خاک، ایجاد بستر مناسب برای رشد و توسعه ریشه، افزایش فتوسنتز، رشد اندام‌های هوایی و تولید ماده خشک و بهبود عملکرد گیاه می شوند. همچنین، مواد آلی نسبت به کودهای شیمیایی، آلودگی کمتری در محیط زیست ایجاد می‌کند و گام مؤثری در راستای نیل به کشاورزی اکولوژیک و پایدار در بوم نظام‌های زراعی نیز می‌باشد (Mutegi et al., 2012). هر چند، ظاهراً استفاده از کودهای شیمیایی سریع‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به‌شمار می‌رود، لیکن هزینه‌های زیاد مصرف کود، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک، نگران‌کننده است. بنابراین، استفاده کامل از منابع غذایی قابل تجدید به همراه کاربرد بهینه مواد معدنی، نقش مهمی در حفظ باروری ساختمان و فعالیت‌های حیاتی خاک ایفا می‌کند(Marraccini et al., 2012) . افزایش فراهمی عناصر غذایی با مصرف توأم کودهای آلی و شیمیایی نیتروژن و جذب بیشتر آن‌ها توسط گیاه، از عوامل افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در تیمارهای نظام مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه است. میزان مواد آلی خاک‌های زراعی کشور عمدتاً کمتر از یک درصد است. لذا، در سال‌های اخیر تولید پایدار محصولات کشاورزی با استفاده از کودهای آلی مانند کمپوست اثرات مفیدی بر رشد گیاه و غلظت عناصر غذایی در گیاه زراعی داشته و باعث بهره‌وری و حفظ سلامت خاک نیز خواهد شد (Ahmadpoor-Sefidkoohi et al., 2012). یکی از کودهای کمپوست مهم که اخیراً در استان خوزستان مورد توجه و بهره‌برداری قرار گرفته و به‌مقدار زیاد تولید می‌شود، کود کمپوست بقایای نیشکر است. از جمله پسماندهای با ارزش کارخانجات نیشکر می‌توان به باگاس و فیلتر کیک (گل کربنات کلسیم) اشاره کرد. باگاس و فیلتر کیک با توجه به ترکیباتی که دارند، می‌توانند در تولید کمپوست و ورمی‌کمپوست استفاده شوند. کمپوست تولید شده از باگاس و فیلتر کیک نیشکر حاوی کلیه مواد مغذی نظیر عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و عناصر ریزمغذی و سایر مواد آلی مورد نیاز گیاهان است (Chattha et al., 2019). گودا (Goda, 2019). گزارش داد که استفاده صحیح و معقولانه از ترکیب کود کمپوست و کود شیمیایی می‌تواند نتایج مشابه کاربرد فقط کود شیمیایی داشته باشد. استفاده از کود کمپوست فرآوری شده با کودهای معدنی (شیمیایی) سبب می‌شود که کمپوست از تلفات عناصر

غذایی ممانعت نموده و باعث بهبود کارآیی جذب عناصر غذایی شود که افزایش کمّی و کیفی عملکرد گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) و بهبود سلامت بوم‌نظام زراعی را به دنبال خواهد داشت. نمازی و همکاران (Namazi et al., 2015)، اظهار داشتند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت به تیمار کودی پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۷۵ درصد نیتروژن و بیشترین شاخص برداشت به تیمار ۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست و ۵۰ درصد نیتروژن تعلق داشت. در مطالعه‌ای که زاده امیدی و مرعشی (Zadeh-Omidi & Marashi, 2019) در بررسی اثر مقادیر کمپوست نیشکر و نیتروژن بر عملکرد کمّی و کیفی ذرت دانه‌ای داشتند، اظهار شد که بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و عملکرد پروتئین از تیمارهای با کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۳۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر حاصل شد. در تحقیقی که مجیدیان و همکاران (Majidian et al., 2008) در بررسی اثر کود شیمیایی نیتروژن‌دار، کود آلی و تلفیقی از کود شیمیایی و آلی تحت رژیم رطوبتی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ داشتند، گزارش شد که کود نیتروژن کافی به صورت شیمیایی عملکرد دانه را تحت شرایط تنش (آبیاری معادل ۵۰ درصد و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه) به‌مقدار کم افزایش داد، ولی کاربرد همزمان کود آلی + شیمیایی عملکرد دانه را به‌طور محسوس و قابل قبولی افزایش داد. علاوه‌برآن صافی و همکاران (Safi et al., 2022) در بررسی واکنش صفات گیاهی به کود کمپوست بقایای نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در شرایط تنش خشکی در گیاه تریتیکاله اظهار نمودند که تنش خشکی باعث کاهش اغلب صفات مورد بررسی شد و حداکثر صفات در آبیاری مطلوب و حداقل آن‌ها در تنش خشکی ایجاد گردید، امّا در همه سطوح تنش خشکی، با افزایش میزان کاربرد کود کمپوست بقایای نیشکر، مقدار صفات افزایش یافت و در تیمار ۴۰ تن در هکتار به حداکثر رسید.

از عوامل زراعی مؤثر بر رشدونمو گیاهان زراعی، روش و الگوی کاشت است که بر توزیع گیاهان در سطح مزرعه، فواصل بین بوته‌ها، میزان استفاده از منابع رشدی مثل نور، آب و مواد غذایی خاک، رقابت بین گیاهان و غیره اثر دارد که در نهایت، این عوامل بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی مؤثر هستند. در استان خوزستان و در شرایط کمبود آب و زمین‌های شور، کشت ذرت در رأس پشته باعث افزایش میزان آب مصرفی و مقدار تبخیر از سطح خاک، افزایش تجمع شوری در نوک پشته، افزایش رشد علف‌های هرز و غیره می‌شود که بر رشد و عملکرد ذرت اثر منفی دارد. کشت در کف جوی باعث کاهش میزان آب مصرفی، کاهش مقدار تبخیر، افزایش کارآیی مصرف آب، کاهش تجمع نمک در رأس پشته، کاهش رشد علف‌های هرز و غیره می‌شود که می‌تواند باعث افزایش رشد و عملکرد ذرت شود (Moaieri, 2018). یزدی مطلق و همکاران (Yazdi-Motlagh et al., 2012) در بررسی اثر الگوی کاشت بر رشد و خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد ذرت علوفه‌ای بیان کردند که روش کاشت کف جوی باعث افزایش ارتفاع بوته، طول بلال، قطر بلال، قطر ساقه و عملکرد علوفه شد، به‌طوری‌که عملکرد علوفه آن (۵۰/۵ تن در هکتار) نسبت به روش کاشت روی پشته (۴۴/۰ تن در هکتار) بیشتر بود. دوانی و همکاران (Davani et al., 2016) در بررسی اثر الگوی کاشت بر رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای در شرایط شور گزارش کردند که روش کشت کف جوی باعث افزایش عملکرد دانه (۷/۵۵ تن در هکتار) نسبت به روش کاشت در رأس پشته (۴/۰۹ تن در هکتار) شد. طهماسبی و همکاران (Tahmasebi et al., 2022) طی مطالعه واکنش صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد ذرت دانه ای به روش کشت و کمپوست بقایای نیشکر در شرایط خوزستان گزارش کردند که روش کشت کف جوی و مصرف ۳۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر سبب افزایش ارتفاع بوته، کلروفیل کل، تعداد دانه در بلال و عدد اسپد یا شاخص سبزینگی شد، به‌طوری‌که عملکرد دانه در این روش (۶/۴۹۷ تن در هکتار) نسبت به روش کشت در رأس پشته و عدم کاربرد کمپوست بقایای نیشکر (۳/۸۷۰ تن در هکتار) بیشتر بود.

مدیریت تغذیه مورد نیاز گیاه و تعیین اثر کود آلی کمپوست بقایای نیشکر به‌خصوص در شرایط تنش خشکی که مدیریت مصرف آب آبیاری نیز مطرح است و ارزیابی اثر این‌گونه مدیریت‌ها بر کمیت و کیفیت گیاه ذرت، اهمیت ویژه‌ای دارد و انجام تحقیقات مرتبط ضروری به نظر می‌رسد. به عبارت دیگر، می‌توان با مدیریت مصرف آب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، شرایط را به‌گونه‌ای فراهم کرد که گیاه تحت آن شرایط دشوار به ظرفیت بالقوه خود نزدیک‌تر شده و عملکرد کمّی و کیفی مطلوبی را حاصل نماید. لذا، این آزمایش با هدف بررسی اثر محل کشت و نسبت‌های جایگزینی کود شیمیایی و آلی بر رشد و عملکرد ذرت سیلوئی تحت تنش خشکی در شرایط آب‌و هوایی خوزستان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در تابستان سال ۱۴۰۰ در مزرعه آزمایشی هنرستان کشاورزی شهرستان رامهرمز در استان خوزستان با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۶۰ متر از سطح دریا با تابستان گرم و زمستان معتدل (جدول ۱) اجرا شد.

جدول ۱- میانگین ماهانه دمای حداقل، متوسط و حداکثر و بارندگی در طول دوره رشد ذرت در تابستان ۱۴۰۰

Table 1- Monthly average of minimum, mean and maximum temperature and precipitation during corn growth period in the summer of 2021

ماه Month	دمای حداقل Minimum temperature (°C)	دمای متوسط Mean temperature (°C)	دمای حداکثر Maximum temperature (°C)	بارندگی Precipitation (mm)
مرداد August	32.9	40.2	47.5	0.0
شهریور September	29.7	37.6	45.5	0.0
مهر October	24.2	32.2	40.2	0.0
آبان November	18.6	25	31.4	0.9

این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایشی شامل رژیم‌های آبیاری در سه سطح، آبیاری پس از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس در عمق توسعه ریشه (I_1: آبیاری شاهد)، آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس در عمق توسعه ریشه (I_2: تنش ملایم) و آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس در عمق توسعه ریشه (I_3: تنش شدید) در کرت‌های اصلی، پنج تیمار کودی شامل تأمین کامل نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق کود شیمیایی (N_1) (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن)، ۷۵ درصد شیمیایی + ۲۵ درصد کود آلی (N_2) (۱۳۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۱۲/۵ تن در هکتار کمپوست نیشکر)، ۵۰ درصد کود شیمیایی + ۵۰ درصد کود آلی (N_3) (۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۲۵ تن در هکتار کمپوست نیشکر)، ۲۵ درصد کود شیمیایی + ۷۵ درصد کود آلی (N_4) (۴۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن + ۳۷/۵ تن در هکتار کمپوست نیشکر) و تأمین کامل نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق کمپوست بقایای نیشکر (N_5) (۵۰ تن در هکتار کمپوست نیشکر) در کرت‌های فرعی و محل کاشت به دو روش کاشت در رأس پشته (P_1) و کاشت در کف جوی (P_2) در کرت‌های فرعی فرعی بودند. پیش از انجام آزمایش، با نمونه‌برداری از خاک مزرعه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۲). کود کمپوست بقایای نیشکر از واحد خوراک دام شرکت کشت و صنعت کارون شهرستان شوشتر تهیه شد (جدول ۲).

برنامه زمان‌بندی آبیاری بر پایه درصد تخلیه رطوبت قابل دسترس خاک در منطقه ریشه انجام شد. عمق مدیریت آبیاری برای گیاه ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. درصد حجمی رطوبت در ظرفیت زراعی (FC)، نقطه پژمردگی دائم (PWP) و رطوبت قابل دسترس (AWC) به‌ترتیب ۳۲/۴، ۱۸/۶ و ۱۳/۸ درصد بود. جهت تعیین زمان دقیق آبیاری برای هر تیمار، نمونه‌برداری از عمق نفوذ ریشه در کرت های اصلی به‌صورت هر روز یک بار توسط مته انجام شد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. در صورت تخلیه رطوبت خاک به حد مورد نظر برای هر تیمار، آبیاری انجام می‌شد. درصد رطوبت وزنی نمونه‌ها با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد.

معادله (۱)

درصد رطوبت وزنی خاک =[(وزن خاک مرطوب (g) ـ وزن خاک خشک (g)) / وزن خاک خشک (g)] × 100

حجم آبیاری از رابطه (۲) محاسبه شد و حجم آب مورد نیاز پس از محاسبه با استفاده از پمپ و کنتور حجمی به‌صورت یکنواخت در هر یک از کرت‌ها اعمال شد (Alizadeh, 2004).

$$Vd = MAD\ (\%) \times (FC - PWP) \times Rz \times A$$ معادله (۲)

جدول ۲- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) و کمپوست بقایای نیشکر
Table 2- Physical and chemical properties of soil (0- 30 cm) and sugarcane residue compost

مشخصات فیزیکی و شیمیایی Physical and chemical properties	خاک Soil	کمپوست بقایای نیشکر Sugarcane residues compost
هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	3.5	5.5
پی اچ pH	7.23	8.3
کربن آلی Organic C (%)	1.38	35.80
نیتروژن N (%)	0.85	1
فسفر P (mg.kg^{-1})	14.59	76
پتاسیم K (mg.kg^{-1})	273	5000
وزن مخصوص ظاهری Bulk density (g.cm^{-3})	1.38	-
بافت Texture	Silty clay loam	-

که در آن، V_d: حجم آبیاری (متر مکعب)، MAD: حداکثر تخلیه مجاز، R_z: عمق مؤثر ریشه (متر) و A: مساحت کرت (مترمربع) است.

میزان نیتروژن کاربردی، با توجه به میزان نیترژن قابل دسترس در خاک و نیاز گیاه (۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص) محاسبه شد. کود شیمیایی نیتروژن‌دار (اوره) به‌صورت تقسیط شده (۵۰ درصد در مرحله شش تا هشت برگی و ۵۰ درصد باقی‌مانده پیش از ظهور گل تاجی) به‌کار برده شد. میزان نیتروژن مورد نیاز از کود آلی از حاصل‌ضرب وزن کود آلی در درصد نیتروژن کود و درصد نیتروژن قابل دسترس آن محاسبه گردید (معادله ۳). درصد نیتروژن قابل دسترس کود آلی، بنابر نتایج صباحی و همکاران (Sabahi et al., 2008) که گزارش کردند در سال اول و دوم کاربرد به‌ترتیب ۳۵ و ۲۰ درصد کل نیتروژن کود آلی برای گیاه قابل دسترس است در نظر گرفته شد.

معادله (۳)

درصد نیتروژن در × درصد نیتروژن کود = مقدار نیتروژن مورد نیاز از کود آلی وزن خشک کود آلی × دسترس

کود کمپوست در کرت‌های مورد نظر به‌وسیله کارگر با خاک هر کرت به‌طور کامل و با عمق مناسب مخلوط شد. پس از اعمال تیمارهای تغذیه خاک، بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ به دو روش کف جوی و نوک پشته کشت شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت بذور در تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۱۰ به‌روش نشتی انجام شد که همین تاریخ به‌عنوان تاریخ کاشت نیز لحاظ گردید. مساحت هر کرت حدود ۱۸ مترمربع (۶ × ۳ متر) و میزان تراکم ۹/۵ بوته در مترمربع بود. تعداد خطوط کاشت در هر واحد آزمایشی، چهار خط و فاصله بین خطوط ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها ۱۴ سانتی‌متر لحاظ شد. کرت‌ها در آغاز به‌صورت متراکم کشت شده و پس از سبز شدن در مرحله چهار برگی تنک شدند تا تراکم ۹/۵ بوته در مترمربع حاصل شود. به‌منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای آزمایشی و دیگر مراحل اجرای آزمایش، فاصله بین کرت‌های اصلی دو خط نکاشت، بین کرت های فرعی یک خط نکاشت و بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. عملیات برداشت ذرت سیلوئی در مرحله رسیدگی شیری- خمیری دانه و هنگامی که خط شیری در وسط دانه قرار گرفت، در تاریخ ۱۴۰۰/۰۸/۱۰ صورت گرفت. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، طول بلال و قطر بلال، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب شده و میانگین ارتفاع بوته و طول بلال آن‌ها برحسب سانتی‌متر و میانگین قطر بلال با کولیس بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک و تر علوفه، بوته‌های دو ردیف میانی با رعایت فاصله نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه‌ای، از ارتفاع دو سانتی‌متری سطح زمین قطع و وزن تر آن‌ها توزین شد. نمونه آزمایشگاهی از علوفه تر تیمارها به آزمایشگاه منتقل و به‌مدت ۷۲ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از تعیین درصد رطوبت آن‌ها، درصد

ماده خشک و عملکرد علوفه خشک محاسبه شد. در نهایت، وزن کل برداشتی در دو مترمربع به هکتار تعمیم داده شد. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در مرحله ۵۰ درصد تشکیل گل‌های تاجی از دستگاه پارسنج (مدل DECAGON DEVICES.INC ساخت کشور آمریکا) استفاده شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به‌روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) با استفاده از نرم‌افزار تجزیه آماری (SAS 9.4) انجام شد. برای مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش‌های دوجانبه آبیاری × تغذیه، آبیاری × روش کشت و اثر برهم‌کنش سه جانبه آبیاری × تغذیه× روش کشت از روش برش‌دهی فیزیکی استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از رژیم‌های مختلف آبیاری، نسبت‌های جایگزینی کود شیمیایی وکود آلی و روش کشت بر تمام صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار است. اثر برهم‌کنش رژیم‌های مختلف آبیاری و تغذیه بر همه صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار شد. اثر برهم‌کنش آبیاری و روش کشت بر تمامی صفات به‌جز ارتفاع بوته، عملکرد خشک برگ و نسبت بلال به کل ماده خشک معنی‌دار شد. اثر برهم‌کنش تغذیه و روش کشت به‌جز ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، طول بلال ونسبت بلال به کل ماده خشک، بر بقیه صفات معنی‌دار گردید. اثر برهم‌کنش سه جانبه آبیاری، تغذیه و روش کشت بر عملکرد خشک برگ، ساقه و بلال و عملکرد تر و خشک کل بوته در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار است.

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش آبیاری و تغذیه و اثر روش کشت بر صفت ارتفاع بوته در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری و تغذیه بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد آب قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین ارتفاع بوته (۲۱۲/۳ سانتی‌متر) در ۱۰۰ درصد نیتروژن و کمترین میزان آن (۱۹۱/۰ سانتی‌متر) در ۱۰۰ درصد کمپوست بود. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، حداکثر ارتفاع بوته (۱۹۶/۳ سانتی‌متر) در ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست بود و حداقل ارتفاع بوته (۱۸۲/۲ سانتی‌متر) در ۱۰۰ درصد کمپوست بود. همچنین در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، حداکثر ارتفاع بوته (۱۸۳/۹ سانتی‌متر) در ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست بود و حداقل ارتفاع بوته (۱۷۰/۸ سانتی‌متر) در ۱۰۰ درصد کمپوست بود. در آزمایش حاضر مشاهده شد که تنش خشکی (ملایم و شدید) در مقایسه با شرایط عدم تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع بوته شد. با این وجود، در چنین شرایطی، به‌کارگیری نظام تغذیه‌ای تلفیقی به‌خصوص نظام ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست سبب افزایش ارتفاع گیاه ذرت شد، به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، نظام تلفیقی مذکور در مقایسه با نظام تمام شیمیایی، به‌ترتیب به‌میزان ۲/۳ و ۵/۳۸ درصد ارتفاع بوته را افزایش داد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، صفت ارتفاع بوته کاهش یافت، ولی در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، تیمار تغذیه تلفیقی (۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست) نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژنی، ارتفاع بوته بیشتری تولید کرد. به نظر می‌رسد که کاربرد کود شیمیایی در ترکیب با کود آلی نسبت به کاربرد کود شیمیایی به‌تنهایی، به‌واسطه افزایش ظرفیت نگهداری آب و حفظ رطوبت خاک و فراهمی جذب بهتر عناصر غذایی به‌مدت طولانی‌تر، باعث کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی و بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی شد (Mutegi et al., 2012). همچنین مقایسه میانگین اثر اصلی روش کشت (جدول ۵) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۱۹۳/۳۱ سانتی‌متر) در روش کشت کف جوی و کمترین آن (۱۸۷/۸۱سانتی‌متر) در روش کشت رأس پشته بود. به نظر می‌رسد که این موضوع به خاطر ماندگاری بیشتر و بهتر رطوبت و ایجاد میکروکلیمای مناسب در روش کشت کف جوی باشد که باعث رشد و توسعه بهتر بوته شد. افزایش طول ساقه به فعالیت مریستم میان بافتی میان‌گره‌ها مربوط است که به‌دلیل افزایش تعداد سلول‌ها و اندازه آن‌ها، افزایش می‌یابد که به نظر می‌رسد، بوته‌های کف فارو برای دریافت نور بیشتر، ارتفاع خود را افزایش داده‌اند (Soleimanifard & Naseri, 2016). طهماسبی و همکاران (Tahmasebi et al., 2022) گزارش کردند که ارتفاع بوته ذرت در روش کشت کف جوی نسبت به بقیه تیمارهای محل کشت بیشتر بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر مصرف تلفیقی کود شیمیایی نیتروژن با کمپوست بقایای نیشکر و محل کشت در سطوح مختلف آبیاری برای صفات اندازه‌گیری شده ذرت سیلویی

Table 3- Variance analysis of the effect of combined use of chemical nitrogen fertilizer with sugarcane residue compost and planting place in different irrigation levels for the measured traits of silage corn

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares									
		ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	عملکرد خشک برگ Leaf dry yield	عملکرد خشک ساقه Stem dry yield	عملکرد خشک بلال Ear dry yield	عملکرد تر کل Total fresh yield	عملکرد خشک کل Total dry yield	نسبت بلال به کل Ear to total ratio
تکرار Replication	2	44.2**	0.41**	15.6**	4.5**	0.336**	0.43**	0.53**	11.1**	1.3**	15.89**
آبیاری Irrigation (I)	2	4931.7**	11.82**	53.8**	194.6**	18.588**	132.12**	98.88**	5709.8**	646.9**	302.67**
خطای I Error (i)	4	38.2	0.24	0.8	3.8	0.110	0.40	1.24	5.5	0.5	36.85
تغذیه Nutrition (N)	4	605.6**	0.72**	7.0**	20.3**	5.448**	17.13**	9.73**	1018.4**	91.2**	49.53**
I × N	8	97.7**	0.23**	7.5**	9.4**	0.675**	3.75**	2.20**	185.5**	16.7**	6.21**
خطای (N) Error (n)	24	24.4	0.13	2.5	0.8	0.064	0.10	0.14	3.2	0.3	3.36
روش کشت Planting method (P)	1	679.0**	4.51**	45.1**	62.4*	0.582**	2.43**	3.70**	184.5**	18.0**	0.06^{ns}
I × P	2	9.3^{ns}	0.16*	2.0*	3.4**	0.007^{ns}	0.09**	0.04*	3.0**	0.3**	0.14^{ns}
N × P	4	8.7^{ns}	0.037^{ns}	0.4^{ns}	1.5**	0.021**	0.03*	0.03*	2.3**	0.2**	0.06^{ns}
I × N×P	8	4.8^{ns}	0.04^{ns}	0.5^{ns}	0.4^{ns}	0.017**	0.02*	0.05**	2.0**	0.2**	0.20^{ns}
خطای p Error (p)	30	6.2	0.03	0.5	0.2	0.003	0.01	0.01	0.3	0.02	0.25
ضریب تغییرات CV(%)		5.30	7.17	5.91	5.30	6.95	5.64	5.47	6.02	5.03	7.50

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج و یک درصد

Ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری × تغذیه برای ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، طول بلال، قطر بلال و نسبت بلال به کل

Table 4- Mean comparison of interaction effect of irrigation× nutrition for plant height, leaf area index, ear length, ear diameter and ear to total ratio

آبیاری بعد از مصرف Irrigation after consumption	تغذیه Nutrition	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	طول بلال Ear length (cm)	قطر بلال Ear diameter (cm)	نسبت بلال به کل Ear to total ratio
۳۰ درصد آب قابل دسترس خاک 30% soil available water	۱۰۰ درصد نیتروژن (N_1) 100% N (N_1)	212.3	3.78	22.68	4.51	42.84
	۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست (N_2) 75% N + 25% compost (N_2)	208.2	3.48	20.32	4.27	42.81
	۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست (N_3) 50% N + 50% compost (N_3)	203.3	3.46	20.44	4.23	43.00
	۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست (N_4) 25% N + 75% compost (N_4)	198.6	3.22	18.98	4.08	46.22
	۱۰۰ درصد کمپوست (N_5) 100% compost (N_5)	191.0	3.13	19.09	3.96	47.21
LSD %5	-	4.80	0.28	2.14	0.06	2.08
۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک 50% soil available water	۱۰۰ درصد نیتروژن (N_1) 100% N (N_1)	191.8	2.51	19.79	3.98	42.01
	۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست (N_2) 75% N + 25% compost (N_2)	198.1	2.96	20.77	4.08	42.02
	۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست (N_3) 50% N + 50% compost (N_3)	196.3	2.85	21.11	4.12	39.09
	۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست (N_4) 25% N + 75% compost (N_4)	190.2	2.42	20.25	3.99	41.51
	۱۰۰ درصد کمپوست (N_5) 100% compost (N_5)	182.2	2.18	18.47	3.81	44.73
LSD %5	-	4.70	0.41	1.29	0.12	1.17
۷۰ درصد آب قابل دسترس خاک 70% soil available water	۱۰۰ درصد نیتروژن (N_1) 100% N (N_1)	174.5	2.10	17.07	3.65	47.43
	۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست (N_2) 75% N + 25% compost (N_2)	180.0	2.14	17.64	3.73	47.15
	۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست (N_3) 50% N + 50% compost (N_3)	183.9	2.48	18.35	3.83	47.08
	۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست (N_4) 25% N + 75% compost (N_4)	176.4	2.19	18.69	3.74	49.08
	۱۰۰ درصد کمپوست (N_5) 100% compost (N_5)	170.8	2.00	17.61	3.63	49.77
LSD %5	-	4.78	0.33	0.41	0.06	1.22

شاخص سطح برگ

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش آبیاری و تغذیه در سطح احتمال خطای یک درصد و اثر برهم‌کنش آبیاری و روش کشت در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تغذیه و آبیاری بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد

آب قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۷۸) در تیمار مصرف ۱۰۰ درصد نیتروژن و کمترین میزان آن (۳/۱۳) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست بود. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، بالاترین مقدار شاخص سطح برگ (۲/۹۶) در تیمار ۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست بود. همچنین در شرایط آبیاری بعد از تخلیه۷۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، تیمار تغذیه ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست بیشترین مقدار شاخص سطح برگ (۲/۴۸) را داشت و کمترین مقدار آن (۲/۰۰) به تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست تعلق داشت. به نظر می‌رسد که در شرایط تنش‌های خشکی (ملایم و شدید)، تیمارهای تلفیقی (۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و ۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست)، به سبب برخورداری کافی از عناصر غذایی به‌ویژه عنصر نیتروژن، کاهش دمای تاج‌پوشش و به علت باقی ماندن رطوبت در زمان طولانی‌تر در پای بوته و تأخیر در حادث شدن تنش خشکی، رشد و توسعه گیاه بیشتر شده و منجر به افزایش شاخص سطح برگ ذرت شد. در مطالعه بررسی اثر کاربرد کودهای آلی، شیمیایی و زیستی بر شاخص‌های رشد، عملکرد و کیفیت ذرت دانه‌ای بیان شد که حداکثر شاخص سطح برگ با مصرف تلفیقی کود ورمی‌کمپوست، نیتروژن خالص و مایکوریزا حاصل شد (Dahpahlavan, 2022). افزایش عناصر غذایی ناشی از کاربرد تلفیقی کود آلی و شیمیایی و جذب آن توسط گیاه از عوامل افزایش شاخص سطح برگ است. همچنین، مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری و روش کشت (جدول ۵) نشان داد که هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، شاخص سطح برگ در الگوی کاشت کف جوی نسبت به روش رأس پشته بیشتر بود، به‌طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۶۱) در تیمار آبیاری مطلوب (آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد آب قابل دسترس خاک) و کشت در کف جوی و کمترین میزان آن (۲/۰۲) در تیمار تنش خشکی شدید (آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد آب قابل دسترس خاک) و کشت در رأس پشته اتفاق افتاد. یافته‌های طهماسبی و همکاران (Tahmasebi et al., 2022) نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ ذرت دانه‌ای در روش کشت کف جوی حاصل شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محل کشت برای ارتفاع بوته

Table 5- Mean comparison of planting place effect for plant height

محل کشت planting place	ارتفاع بوته Plant height (cm)
رأس پشته On ridge	187.81
کف جوی In furrow	193.31
LSD %5	1.07

طول بلال

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش آبیاری و تغذیه در سطح خطای یک درصد و اثر برهم‌کنش آبیاری و روش کشت در سطح خطای پنج درصد بر صفت طول بلال معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری و تغذیه بر صفت طول بلال (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد آب قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین طول بلال (۲۲/۶۸ سانتی‌متر) در ۱۰۰ درصد نیتروژن و کمترین میزان آن (۱۸/۹۸ سانتی‌متر) در تیمار تلفیقی ۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست بود. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، حداکثر طول بلال (۲۱/۱۱ سانتی‌متر) مربوط به تیمار تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست بود. همچنین، در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، بیشترین طول بلال (۱۸/۶۹ سانتی‌متر) به تیمار ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کمترین طول بلال (۱۷/۰۷ سانتی‌متر) به تیمار۱۰۰ درصد نیتروژن تعلق داشت. لذا، به نظر می‌رسد که در شرایط آبیاری مطلوب و تغذیه ۱۰۰ درصد شیمیایی نسبت به تیمارهای تغذیه تلفیقی و آلی صرف، صفت طول بلال به جهت دسترسی آسان به عنصر نیتروژن و تأثیر بر فرایند فتوسنتز و توسعه رشد سلولی، بیشتر بود. امّا در شرایط تنش

خشکی ملایم و شدید، تیمارهای تلفیقی نسبت به تیمار شیمیایی صرف، به جهت حفظ رطوبت بیشتر و تعدیل تنش کم آبی و همچنین، انجام فتوسنتز بهتر و با مدت زمان بیشتر و در اختیار قرار دادن مواد پرورده بیشتر به گیاه، بهتر بودند. نصراله زاده و همکاران (Nasrollahzade Asl et al., 2017)در آزمایش خود در ذرت گزارش دادند که در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط آبیاری مطلوب، طول بلال کاهش یافت. سید زوار و همکاران (Seyedzavar et al., 2015) اظهار کردند که تنش خشکی سبب کاهش قابل توجهی در اندازه بلال شد و با اثر بر فتوسنتز برگ موجب کاهش تولید مواد پرورده، رشد سلولی و طول بلال گردید. علاوه‌برآن، مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری و روش کشت (جدول ۶) نشان داد که هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در شرایط تنش رطوبتی (تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید)، بیشترین طول بلال مربوط به کشت کف جوی بود. بدین گونه که در آبیاری مطلوب، بیشترین طول بلال (۲۱/۲۴ سانتی‌متر) مربوط به کشت کف جوی و کمترین طول بلال (۱۹/۳۵ سانتی‌متر) مربوط به کشت در رأس پشته بود. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، حداکثر طول بلال (۲۰/۸۳ سانتی‌متر) به‌روش کشت کف جوی و حداقل طول بلال (۱۹/۳۲ سانتی‌متر) به کشت در رأس پشته تعلق داشت. همچنین، در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد آب قابل دسترس (تنش خشکی شدید)، بیشترین صفت طول بلال (۱۸/۳۰ سانتی‌متر) به کشت کف جوی و کمترین طول بلال (۱۷/۴۵ سانتی‌متر) به کشت رأس پشته مربوط بود. در پژوهشی با مطالعه اثر روش‌های کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین گزارش شد که در روش کشت کف فارو به‌دلیل بهره بردن بیشتر گیاه از منابع رطوبتی و عناصر غذایی و استقرار کمتر املاح نمکی، صفات رشدی گیاه از قبیل اندازه و طول بلال افزایش یافت (Faridi et al., 2013).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری × محل کشت برای شاخص سطح برگ، طول بلال و قطر بلال

Table 6- Mean comparison of interaction effect of irrigation × planting place for leaf area index, ear length and ear diameter

آبیاری بعد از مصرف Irrigation after consumption	محل کشت Planting place	شاخص سطح برگ Leaf area index	طول بلال Ear length (cm)	قطر بلال Ear diameter (cm)
۳۰ درصد آب قابل دسترس خاک 30% soil available water	رأس پشته On ridge	3.21	19.35	4.10
	کف جوی In furrow	3.61	21.24	4.33
LSD %5	-	0.17	1.35	0.04
۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک 50% soil available water	رأس پشته On ridge	2.28	19.32	3.91
	کف جوی In furrow	2.89	20.83	4.08
LSD %5	-	0.26	0.81	0.07
۷۰ درصد آب قابل دسترس خاک 70% soil available water	رأس پشته On ridge	2.02	17.45	3.66
	کف جوی In furrow	2.35	18.30	3.75
LSD %5	-	0.21	0.26	0.03

قطر بلال

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش آبیاری و تغذیه، اثر برهم‌کنش رژیم آبیاری و روش کشت و همچنین اثر برهم‌کنش تغذیه و روش کاشت بر صفت قطر بلال در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری و تغذیه بر صفات اندازه‌گیری شده (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد آب قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین قطر بلال (۴/۵۱ سانتی‌متر) در ۱۰۰ درصد نیتروژن و کمترین قطر بلال (۳/۹۶ سانتی‌متر) در ۱۰۰ درصد کمپوست به دست آمد. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)، حداکثر قطر بلال (۴/۱۲ سانتی‌متر) در ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کمترین قطر بلال (۳/۸۱

سانتی‌متر) در ۱۰۰ درصد کمپوست بود. همچنین، در شرایط آبیاری با تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی شدید)، بیشترین قطر بلال (۳/۸۳ سانتی‌متر) در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کمترین آن (۳/۶۳ سانتی‌متر) در ۱۰۰ کمپوست بود. مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری و روش کشت (جدول ۵) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین قطر بلال (۴/۳۳ سانتی‌متر) در کشت در کف جوی و کمترین قطر بلال (۴/۱۰ سانتی‌متر) در کشت در رأس پشته بود. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)، حداکثر قطر بلال (۴/۰۸ سانتی‌متر) در کشت کف جوی و حداقل قطر بلال (۳/۹۱ سانتی‌متر) در کشت رأس پشته بود. همچنین، در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی شدید)، حداکثر قطر بلال (۳/۷۵ سانتی‌متر) در کشت کف جوی و حداقل آن (۳/۶۶ سانتی‌متر) در کشت رأس پشته بود. همچنین، مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تغذیه و روش کشت (جدول ۷) نشان داد که بیشترین قطر بلال (۴/۱۵ سانتی‌متر) به ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی و کمترین قطر بلال (۳/۷۲ سانتی‌متر) به ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته متعلق بود. آقایی و همکاران (Aqaei et al., 2021) در مطالعه‌ای در ذرت دانه‌ای بیان نمودند که اثر تنش خشکی بر صفت قطر بلال معنی‌دار بود و با اعمال تنش خشکی، قطر بلال کاهش یافت به‌طوری‌که حداکثر قطر بلال در تیمار آبیاری مطلوب و حداقل آن در تیمار تنش شدید مشاهده شد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تغذیه × روش کشت برای قطر بلال

Table 7- Mean comparison of the interaction effect of nutrition × planting place for ear diameter

تغذیه Nutrition	محل کشت Planting place	قطر بلال Ear diameter (cm)
۱۰۰ درصد نیتروژن (N_1) 100% N (N_1)	رأس پشته On ridge	3.91
	کف جوی In furrow	4.15
۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست (N_2) 75% N + 25% compost (N_2)	رأس پشته On ridge	3.95
	کف جوی In furrow	4.11
۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست (N_3) 50% N + 50% compost (N_3)	رأس پشته On ridge	3.97
	کف جوی In furrow	4.15
۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست (N_4) 25% N + 75% compost (N_4)	رأس پشته On ridge	3.89
	کف جوی In furrow	3.98
۱۰۰ درصد کمپوست (N_5) 100% compost (N_5)	رأس پشته On ridge	3.72
	کف جوی In furrow	3.81
LSD %5	-	0.17

عملکرد خشک برگ

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش آبیاری، تغذیه و روش کشت بر صفت عملکرد خشک برگ در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری، تغذیه و روش کشت بر صفت عملکرد خشک برگ به‌روش برش‌دهی فیزیکی (جدول ۸) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین عملکرد خشک برگ (۴۵۱۳ کیلوگرم در هکتار) در

۱۰۰ درصد نیتروژن و کشت در کف جوی و کمترین عملکرد خشک برگ (۲۲۸۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته حاصل شد. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک (تنش خشکی ملایم)، حداکثر عملکرد خشک برگ (۴۰۳۵ کیلوگرم در هکتار) در ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت کف جوی و حداقل عملکرد خشک برگ (۲۱۸۸ کیلوگرم در هکتار) در ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته بود. همچنین، در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (تنش خشکی شدید)، حداکثر عملکرد خشک برگ (۲۵۱۸ کیلوگرم در هکتار) در ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی و حداقل عملکرد خشک برگ (۱۵۵۲ کیلوگرم در هکتار) در ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته حاصل شد. با توجه به اینکه در شرایط آبیاری مطلوب و عدم تنش خشکی، تیمارهای تلفیقی کود شیمیایی و آلی عملکردهای مناسب و نزدیک به تیمار شیمیایی صرف داشتند که هم از لحاظ اقتصادی و هم حفظ محیط زیست نسبت به کود شیمیایی صرف بهتر هستند، لذا با این وجود می‌توان حتی در شرایط آبیاری متعارف از تیمارهای تلفیقی استفاده کرد و مقدار مصرف کود شیمیایی نیتروژن دار (اوره) را کاهش داد که کاهش هزینه‌ها و سلامتی بوم‌نظام زراعی را هم به دنبال خواهد داشت. همچنین اگر کشت‌وکار ذرت با هدف تولید علوفه باشد، میزان ماده خشک و صفت وزن خشک برگ اهمیت زیادی دارد، لذا هر عاملی که این صفات را بهبود بخشد، بر کیفیت علوفه ذرت نیز اثر خواهد داشت. در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، در تیمارهای تغذیه تلفیقی و کشت در کف جوی، عملکرد خشک برگ بیشتر از تیمارهای شیمیایی و آلی صرف بود. در پژوهشی با بررسی اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و آلی (دامی) بر خصوصیات رشدی ذرت علوفه‌ای گزارش شد که بین تیمارهای کود شیمیایی، ۵۰ درصد شیمیایی + ۵۰ درصد آلی از لحاظ صفات عملکرد خشک برگ، عملکرد علوفه تر، عملکرد علوفه خشک و عملکرد کیفی علوفه اختلاف آماری معنی‌دار مشاهده نشد (Ghoochi et al., 2013).

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری × تغذیه× روش کشت بر عملکرد خشک برگ، ساقه و بلال، عملکرد تر کل و عملکرد خشک کل

Table 8- Mean comparison of the interaction effect of irrigation × nutrition × planting place for leaf, stem, and ear dry yield, total fresh yield, and total dry yield

آبیاری بعد از مصرف Irrigation after consumption	تغذیه Nutrition	محل کشت Planting place	عملکرد خشک برگ Leaf dry yield (kg.ha^{-1})	عملکرد خشک ساقه Stem dry yield (kg.ha^{-1})	عملکرد خشک بلال Ear dry yield (kg.ha^{-1})	عملکرد تر کل Total fresh yield (kg.ha^{-1})	عملکرد خشک کل Total dry yield (kg.ha^{-1})
۳۰ درصد آب قابل دسترس 30% soil available water	۱۰۰ درصد نیتروژن (N_1) 100% N (N_1)	رأس پشته On ridge	4114	9585	10170	77764	23877
		کف جوی In furrow	4513	10208	11126	83975	25847
	۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست (N_2) 75% N + 25% compost (N_2)	رأس پشته On ridge	4023	9011	9658	73778	22692
		کف جوی In furrow	4137	9197	10178	76026	23877
	۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست (N_3) 50% N + 50% compost (N_3)	رأس پشته On ridge	3842	8454	9229	69879	21526
		کف جوی In furrow	3966	8698	9606	72245	22271
	۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست (N_4) 25% N + 75% compost (N_4)	رأس پشته On ridge	3112	6820	8539	59454	18472
		کف جوی In furrow	3213	7056	8814	61434	19083
	۱۰۰ درصد کمپوست	رأس پشته On ridge	2282	6261	7429	50863	15725

	(N5) 100% compost (N5)	کف جوی In furrow	2399	6514	7729	53001	16389
LSD %5	-	-	238.9	508.8	506.1	1580.7	419.9
۵۰ درصد آب قابل دسترس 30% soil available water	۱۰۰ درصد نیتروژن (N1) 100% N (N1)	رأس پشته.. On ridge	3039	7339	7551	60517	17930
		کف جوی In furrow	3155	7793	7890	63689	18839
	۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست (N2) 75% N + 25% compost (N2)	رأس پشته On ridge	3157	7364	7688	61351	18210
		کف جوی In furrow	3362	7878	8085	65192	19326
	۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست (N3) 50% N + 50% compost (N3)	رأس پشته On ridge	3634	7597	7268	62448	18499
		کف جوی In furrow	4035	8290	7867	67185	20193
	۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست (N4) 25% N + 75% compost (N4)	رأس پشته On ridge	2700	6662	6590	54010	15925
		کف جوی In furrow	2818	6932	6995	56623	16746
	۱۰۰ درصد کمپوست (N5) 100% compost (N5)	رأس پشته On ridge	2099	4691	5466	40950	12256
		کف جوی In furrow	2188	5010	5887	43727	13085
LSD %5	-	-	364.7	330.8	474.4	2529.3	875.9
۷۰ درصد آب قابل دسترس 30% soil available water	۱۰۰ درصد نیتروژن (N1) 100% N (N1)	رأس پشته On ridge	1980	3813	5231	38249	11025
		کف جوی In furrow	2099	4009	5512	40291	11620
	۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست (N2) 75% N + 25% compost (N2)	رأس پشته On ridge	2110	4015	5464	40211	11589
		کف جوی In furrow	2215	4287	5789	42689	12292
	۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست (N3) 50% N + 50% compost (N3)	رأس پشته On ridge	281	4484	6014	44417	12780
		کف جوی In furrow	2518	4771	6484	47223	13774
	۲۵ درصد نیتروژن + ۷۵ درصد کمپوست (N4) 25% N + 75% compost (N4)	رأس پشته On ridge	1807	3823	5491	38549	11121
		کف جوی In furrow	1859	3966	5751	40109	11576
	۱۰۰ درصد کمپوست (N5) 100% compost (N5)	رأس پشته On ridge	1552	3560	5129	35779	10242
		کف جوی In furrow	1668	3808	5389	37767	10865
LSD %5	-	-	278.1	332.2	385.4	2367.7	678.0

عملکرد خشک ساقه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش سه‌گانه آبیاری، تغذیه و روش کشت بر عملکرد خشک ساقه در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری، تغذیه و روش کشت (جدول ۸) به‌روش برش‌دهی فیزیکی نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس خاک (شاهد بدون تنش خشکی)؛ بیشترین عملکرد ساقه (۱۰۲۰۸ کیلوگرم در هکتار) از ۱۰۰ درصد نیتروژن و روش کشت کف

جوی و کمترین عملکرد خشک ساقه (۶۲۶۱ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و روش کشت رأس پشته حاصل شد. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)؛ بیشترین عملکرد خشک ساقه (۸۲۹۰ کیلوگرم در هکتار) به ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۴۶۹۱ کیلوگرم در هکتار) به ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته مربوط بود. همچنین در شرایط اعمال آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش شدید)، بیشترین عملکرد خشک ساقه (۴۷۷۱ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۳۵۶۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته مربوط بود. از آنجایی‌که در شرایط آبیاری مطلوب (شاهد بدون تنش خشکی)، به‌واسطه عدم محدودیت رطوبت، تیمار تغذیه شیمیایی صرف نسبت به تیمارهای تلفیقی و کود آلی صرف، عملکرد خشک ساقه بیشتری داشت، ولی در شرایط اعمال تنش‌های ملایم و شدید، تیمارهای تلفیقی نسبت به سایر تیمارها، ساقه‌های قطور، توپر و بلندقدتر و عملکرد خشک ساقه بیشتری داشتند، می‌توان اظهار نمود که با کاربرد مواد آلی، افزایش قابلیت دسترسی گیاه به رطوبت و مواد غذایی و متعاقباً افزایش رشد و فتوسنتز به سبب بالارفتن سطح برگ؛ عملکرد خشک ساقه در تیمار تغذیه تلفیقی کود نیتروژن با کمپوست بقایای نیشکر، افزایش یافت. در مطالعه‌ای، پوراسماعیل و همکاران (Pooresmaeil et al., 2019) در ارزیابی اثر مدیریت تلفیقی کود و بقایای گیاهی بر عملکرد کمّی و کیفی علوفه ذرت گزارش کردند که بیشترین وزن خشک ساقه در مرحله شیری شدن دانه، به تیمار تغذیه تلفیقی تعلق داشت.

عملکرد خشک بلال

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش آبیاری، تغذیه و روش کشت بر صفت عملکرد خشک بلال در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری، تغذیه و روش کشت (جدول ۸) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین عملکرد خشک بلال (۱۱۱۲۶ کیلوگرم در هکتار) از ۱۰۰ درصد نیتروژن و روش کشت کف جوی و کمترین مقدار آن (۷۴۲۹ کیلوگرم در هکتار) از ۱۰۰ درصد کمپوست و روش کشت رأس پشته حاصل شد. در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)، عملکرد خشک بلال در تیمارهای تلفیقی شیمیایی + کمپوست بقایای نیشکر بیشتر بود، به نحوی که بیشترین عملکرد خشک بلال (۸۰۵۸ کیلوگرم در هکتار) به ۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست مربوط بود. همچنین، در شرایط آبیاری پس از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی شدید)، بیشترین عملکرد خشک بلال (۶۴۸۴ کیلوگرم در هکتار) از ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۵۱۲۹ کیلوگرم در هکتار) در ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته بود. در مطالعه حاضر مشاهده شد که تنش خشکی (ملایم و شدید) در مقایسه با شرایط عدم تنش خشکی، موجب کاهش عملکرد خشک بلال شد. با این تفاسیر، در چنین شرایطی به‌کارگیری نظام تغذیه‌ای تلفیقی به‌خصوص نظام ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی، سبب افزایش عملکرد خشک بلال ذرت شد. به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، نظام تلفیقی مذکور در مقایسه با نظام تمام شیمیایی و کشت در رأس پشته، عملکرد خشک بلال را به‌ترتیب به‌میزان ۵ و ۱۹/۳۲ درصد افزایش داد. در گزارش برخی محققین آمده است که کاربرد کود آلی سبب افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش خشکی شد و افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی را در پی داشت. مثلاً شیر خانی و همکاران (Shirkhani et al., 2019) با بررسی اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد کمّی و کیفی ذرت در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی عنوان کردند که تنش خشکی، عملکرد دانه را کاهش داد، امّا در شرایط تنش خشکی، مصرف کود آلی (ورمی‌کمپوست) منجر به افزایش عملکرد دانه بلال شد.

عملکرد تر کل علوفه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش آبیاری، تغذیه و روش کشت بر صفت عملکرد تر کل علوفه در سطح خطای یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری، تغذیه و روش کشت به‌روش برش‌دهی فیزیکی (جدول ۸) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین عملکرد تر کل علوفه (۸۳۹۷۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن و روش کشت کف جوی و کمترین مقدار آن (۵۰۸۶۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۰۰

درصد کمپوست و روش کشت در رأس پشته بود. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)، حداکثر عملکرد تر کل علوفه (۶۷۱۸۵ کیلوگرم در هکتار) از ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی بود و حداقل مقدار آن (۴۰۹۵۰ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در پشته متعلق بود. همچنین، در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی شدید)، حداکثر عملکرد تر کل علوفه (۴۷۲۲۳ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی و کمترین مقدار آن (۳۵۷۷۹ کیلوگرم در هکتار) به تیمار ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته مربوط بود. در آزمایش حاضر مشاهده شد که تنش خشکی (ملایم و شدید) در مقایسه با شرایط عدم تنش خشکی، موجب کاهش عملکرد تر کل علوفه شد، ولی در چنین شرایطی استفاده از نظام تغذیه‌ای تلفیقی به‌ویژه ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست، سبب افزایش عملکرد تر کل علوفه شد، به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، نظام تغذیه‌ای مذکور توانست به ترتیب به‌میزان ۱۰ و ۱۹ درصد عملکرد خشک کل علوفه نسبت به تیمار شیمیایی صرف را افزایش دهد. احتمال آن می‌رود که در شرایط آبیاری مرسوم و مدیریت تغذیه‌ای تمام شیمیایی به‌دلیل راحتی جذب و تأمین شدن مناسب‌تر نیتروژن برای گیاه از منبع شیمیایی در مرحله‌ای از رشد که سرعت جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت بالا است، برداشت نیتروژن با کمیت و کیفیت بهتری اتفاق می‌افتد که در نتیجه، منتج به افزایش عملکرد علوفه در تیمارهای شیمیایی می‌گردد، امّا چون تیمارهای آلی به‌تنهایی نمی‌توانند جوابگوی میزان جذب مورد نیاز گیاه در زمان لازم باشد، لذا عملکرد در این سیستم تغذیه‌ای پایین تر بوده است. امّا دلیل رجحان و برتری تیمارهای تلفیقی به تیمار تمام شیمیایی در شرایط تنش خشکی (ملایم و شدید)؛ احتمالاً به واسطه ذخیره و نگهداشت رطوبت ناشی از کمپوست بقایای نیشکر و الگوی کف جوی در مدت زمان بیشتر و رها شدن آرام آرام عناصر غذایی در طی فصل رشد و تأثیر هم‌افزایی کودهای تلفیقی (شیمیایی و آلی) و اثرپذیری منفی تیمار تمام شیمیایی از این حیث، می‌تواند از عوامل افزایش عملکرد در تیمار ترکیبی کمپوست و شیمیایی باشد.
تنش خشکی علاوه‌بر کاهش شاخص سطح برگ، سبب کاهش فشار تورژسانس سلول می‌شود که این عمل از طریق باقی ماندن آب کمتر درون سلول، از حجم سلول می‌کاهد که در نهایت، منجر به کاهش وزن سلول و کاهش عملکرد علوفه می‌شود (Haji Hasani Asl et al., 2010). در مطالعه‌ای قندعلی و همکاران (Varnaseri Ghandali et al., 2018) با بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد علوفه علف قناری (*Phalaris canariensis* L.) در پاسخ به سطوح مختلف آبیاری، کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی اظهار کردند که مصرف کودهای دامی و ورمی‌کمپوست، بیشترین اثر را در بهبود عملکرد علوفه تر علف قناری داشت و همچنین، عنوان نمودند که استفاده تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی به‌تنهایی، اثر مثبتی بر عملکرد علوفه داشت.

عملکرد خشک کل علوفه

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش آبیاری، تغذیه و روش کشت بر صفت عملکرد خشک کل علوفه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری، تغذیه و روش کشت به‌روش برش‌دهی فیزیکی (جدول ۸) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بیشترین عملکرد خشک کل علوفه (۲۵۸۴۷ کیلوگرم در هکتار) در ۱۰۰ درصد نیتروژن و روش کشت کف جوی و کمترین مقدار آن (۱۵۷۲۵ کیلوگرم در هکتار) از ۱۰۰ درصد کمپوست و روش کشت در رأس پشته حاصل شد. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی ملایم)، حداکثر عملکرد خشک کل علوفه (۲۰۱۹۳ کیلوگرم در هکتار) به ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست متعلق بود و حداقل عملکرد خشک کل (۱۲۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) متعلق به ۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته بود. همچنین در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی شدید)، حداکثر عملکرد خشک کل علوفه (۱۳۷۷۴کیلوگرم در هکتار) در ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و حداقل مقدار آن (۱۰۲۴۲ کیلوگرم در هکتار) در۱۰۰ درصد کمپوست و کشت در رأس پشته بود. در آزمایش حاضر مشاهده شد که تنش خشکی (ملایم و شدید) در مقایسه با شرایط عدم تنش خشکی، موجب کاهش عملکرد خشک کل شد. با این وجود در چنین شرایطی، استفاده از سیستم تغذیه‌ای تلفیقی به‌ویژه ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست، سبب افزایش عملکرد خشک کل گردید، به‌طوری‌که در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، ترکیب مذکور توانست به‌ترتیب به‌میزان

۱۱/۲۱ و ۲۰ درصد عملکرد خشک کل علوفه نسبت به تیمار شیمیایی صرف را افزایش دهد. به‌طور کلی، در شرایط آبیاری مطلوب، تیمار تغذیه شیمیایی، بیشترین عملکرد خشک کل علوفه را داشت و تیمارهای تغذیه تلفیقی در رتبه‌های بعدی قرار داشتند، امّا در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید، تیمارهای تغذیه تلفیقی نسبت به تیمارهای شیمیایی و آلی صرف، عملکرد بالاتری داشتند. همچنین، در همه رژیم‌های آبیاری، تیمارهای تغذیه تلفیقی ثبات عملکردی مناسبی داشتند، ولی در شرایط اعمال تنش خشکی، عملکرد خشک کل علوفه، تیمار شیمیایی صرف کاهش یافت و ثبات عملکردی پایین تری داشت. به‌طوری‌که میزان عملکرد خشک کل علوفه در تیمار تغذیه ۱۰۰ درصد شیمیایی و کشت در کف جوی در شرایط تنش خشکی شدید نسبت به شرایط آبیاری مطلوب، حدود ۵۲ درصد کاهش یافت، ولی میزان عملکرد خشک کل علوفه در تیمار تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست و کشت در کف جوی در شرایط تنش خشکی شدید نسبت به شرایط آبیاری مطلوب، حدود ۳۹ درصد کاهش یافت که نشان‌دهنده این است که کاربرد کودهای آلی از قبیل کود کمپوست بقایای نیشکر با حفظ و ماندگاری رطوبت و عناصر غذایی، باعث تعدیل اثر منفی تنش خشکی شد.

پژوهش‌ها نشان داده است که مصرف کودهای آلی از قبیل کمپوست‌ها به‌صورت تلفیقی با کودهای شیمیایی در مقایسه با کاربرد جداگانه آن‌ها رشد و عملکرد گیاهان زراعی را افزایش داده است (Varnaseri Ghandali et al., 2018). احتمالاً کود کمپوست بقایای نیشکر از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد و فعالیت ریزجانداران موجود در خاک، باعث افزایش رشد و عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت شده است. به نظر می‌رسد که در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب، شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ بیشتر موجب ایجاد منبع فیزیولوژیک کافی جهت استفاده هر چه بیشتر از تشعشع دریافتی و تولید ماده خشک بیشتر می‌شود که با نتایج صافی و همکاران (Safi et al., 2022) مطابقت دارد.

در آزمایشی، مشتطی و همکاران (Moshatati et al., 2019) با ارزیابی اثر کود دامی و زئولیت بر عملکرد گندم در شرایط تنش خشکی بیان کردند که تنش خشکی سبب کاهش عملکرد و اجزا عملکرد گندم شد، ولی در شرایط تنش خشکی، مصرف کود دامی و زئولیت موجب کاهش اثر تنش خشکی شده و عملکرد دانه را افزایش داد. در مطالعه دیگری، سیمری زاده و همکاران (Seimarizade et al., 2020) در بررسی اثر ورمی‌کمپوست بر عملکرد گندم در شرایط تنش گرمایی انتهای فصل در اهواز گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه در مصرف ۲۰ تن در هکتار کود آلی ورمی‌کمپوست حاصل شد که آن را ناشی از افزایش خلل فرج و ذخیره رطوبت بیشتر و پایداری عناصر غذایی و تحریک شدن ریز موجودات سودمند خاک در منطقه فعال ریشه دانستند که منجر به افزایش جذب عناصر غذایی، توسعه تاج‌پوشش، جذب نور بیشتر و متعاقباً افزایش فتوسنتز و افزایش دوره پر شدن دانه و در نهایت، عملکرد دانه افزایش یافت. در پژوهش دیگری، طهماسبی و همکاران (Tahmasebi et al., 2022) طی مطالعه واکنش صفات عملکردی ذرت دانه‌ای به کاربرد کود کمپوست بقایای نیشکر و روش کشت اظهار نمودند که بیشترین عملکرد دانه با مصرف ۳۰ تن در هکتار کود کمپوست و روش کشت در کف جوی حاصل شد. همچنین، در آزمایشی صافی و همکاران (Safi et al., 2022) با ارزیابی اثر کمپوست بقایای نیشکر بر رشد و عملکرد دانه تریتیکاله (*Triticosecale wittmack*) تحت تنش خشکی داشتند، بیان کردند که با توجه به اینکه در کود کمپوست، عناصر غذایی به‌تدریج و آهستگی آزاد می‌شود و در طول دوره زندگی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و علاوه‌برآن هدرروی و از دسترس خارج شدن عناصر غذایی موجود در آن کمتر اتفاق می‌افتد، حتی در شرایط آبیاری کامل و عدم وجود تنش خشکی، تیمارهای با کاربرد ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار کمپوست بقایای نیشکر، باعث افزایش صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ، تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله گیاه گردید.

نسبت بلال به کل

تجزیه واریانس نشان داد که اثر برهم‌کنش آبیاری و تغذیه بر صفت نسبت بلال به عملکرد خشک کل علوفه، در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار است (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش آبیاری و تغذیه به‌روش برش‌دهی فیزیکی (جدول ۴) نشان داد که در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۳۰ درصد رطوبت قابل دسترس (شاهد بدون تنش خشکی)، بالاترین نسبت بلال به کل (۴۷/۲۱ درصد) به تیمار۱۰۰ درصد کمپوست متعلق بود و پایین‌ترین نسبت آن (۴۲/۸۱ درصد) در ۷۵ درصد نیتروژن + ۲۵ درصد کمپوست بود. در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش

خشکی ملایم)، بیشترین نسبت بلال به کل عملکرد خشک (۷۲/ ۴۴ درصد) در ۱۰۰ درصد کمپوست و کمترین آن (۳۹/۰۹ درصد) در ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست بود. همچنین، در شرایط آبیاری بعد از تخلیه ۷۰ درصد رطوبت قابل دسترس (تنش خشکی شدید)، حداکثر نسبت بلال به کل عملکرد خشک (۴۹/۷۷ درصد) در ۱۰۰ درصد کمپوست بود و حداقل آن (۴۷/۰۸ درصد) در ۵۰ درصد نیتروژن + ۵۰ درصد کمپوست بود. به‌طور کلی، در تیمارهای با عملکرد خشک کل بیشتر، درصد بلال به کل کمتر شد و بالعکس در تیمارهای با عملکرد خشک کل کمتر، درصد بلال به کل بیشتر بود. به عبارت دیگر، در هر سه رژیم آبیاری، تیمارهای آلی صرف موجب بهبود نسبت بلال به کل ماده خشک شدند. به نظر می‌رسد که کمپوست بقایای نیشکر از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و هوادهی بهتر به ریشه و افزایش توان جذب آب و نگه‌داری طولانی مدت آن، منجر به افزایش توان فتوسنتزی گیاه و تجمع مواد در بلال گردید. در آزمایش ورناصری قندعلی و همکاران (Varnaseri Ghandali et al., 2018) گزارش شد که کمترین نسبت گل آذین به کل ماده خشک در رژیم آبیاری ۱۰۰ درصد و ۸۰ درصد نیاز آبی و بیشترین نسبت آن در رژیم آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی مشاهد شد که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد. همچنین در آزمایش ایشان، حداکثر نسبت گل آذین به کل ماده خشک در تیمارهای کودی شیمیایی، ورمی‌کمپوست + شیمیایی، دامی + شیمیایی و شاهد و کمترین آن در تیمار کود دامی و ورمی‌کمپوست مشاهده شد که با نتایج مطالعه حاضر نیز مطابقت نداشت.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج نشان داد که در آبیاری مطلوب، حداکثر مقدار صفات شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، طول بلال، قطر بلال، عملکرد خشک برگ، عملکرد خشک ساقه، عملکرد خشک بلال، عملکرد کل تر علوفه و عملکرد خشک کل علوفه در سیستم تغذیه شیمیایی صرف مشاهده شد و اعمال تنش خشکی باعث کاهش صفات فوق گردید. هر چند در شرایط آبیاری مطلوب و عدم تنش خشکی، کاربرد کود شیمیایی نیتروژن دار باعث افزایش عملکرد کل علوفه خشک و سایر صفات گیاه ذرت گردید، امّا در شرایط اعمال تنش خشکی ملایم و شدید، تیمارهای تلفیقی به‌ویژه تیمار تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن‌دار + ۵۰ درصد کود آلی کمپوست بقایای نیشکر و روش کشت در کف جوی نسبت به تیمارهای شیمیایی و آلی صرف و کشت در رأس پشته، با فراهمی رطوبت و هم‌افزایی عناصر غذایی (به‌واسطه کاربرد همزمان کود شیمیایی و کمپوست) و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، صفات مورد بررسی افزایش یافته و عملکرد بیشتری داشتند. لذا، با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی و کمبود منابع آبی و حتی در شرایط متعارف و بدون تنش، کاربرد مقادیر بهینه کود آلی کمپوست بقایای نیشکر به‌عنوان یک نهاده آلی بوم سازگار، می‌تواند خصوصیات رشدی و عملکردی علوفه ذرت را بهبود بخشد و علاوه‌برآن، باعث کاهش مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در زراعت این گیاه و کاهش اثر منفی کودهای شیمیایی بر محیط زیست و همچنین، کاهش هزینه‌های تولید زارعین شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از معاونت آموزشی و تحصیلات تکمیلی و معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که قسمتی از هزینه‌های اجرای این آزمایش را تأمین کرده‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Ahmadpoor Sefidkoohi, A., Sepanlou, M., & Bahmanyar, M. (2012). The effect of long application of organic and inorganic fertilizer on the amount of N, P and K and growth characteristics of wheat. *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production*, *23*(3), 71-86. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.5897/AJAR11.1969
2. Alizadeh, A. (2004). *Soil, Water, Plant Relationship*. Emam Reza University Press. Mashhad, Iran. (In Persian)
3. Aqaei Sagzabadi, P., Weisany, W., & Dianat, M. (2021). Effect of nano silicic potassium on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *14*(2), 331-345. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22077/escs.2019.2719.1715
4. Chattha, M.U., Hassan, M.U., Barbanti, L., Chattha, M.B., Khan, I., Usman, M., & Nawaz, M. (2019). Composted

sugarcane by-product press mud cake supports wheat growth and improves soil properties. *International Journal of Plant Production*, *13*(3), 241-249. https://doi.org/10.1007/s42106-019-00051-x
5. Dahpahlavan, S., Farnia, A., Jafarzadeh Kenarsari, M., & Nakhjavan, S. (2022). Evaluation of growth indices, yield and quality of Simon grain corn under the influence of biological, organic and chemical fertilizers to achieve healthy food production. *Journal of Plant Ecophysiology*, *13*(47), 60-75. (In Persian with English abstract).
6. Dastbandan Nejad, S., Saki Nejad, T., & Lack, S. (2010). Studying the effect of drought stress and different levels of potassium fertilizer on K^+ accumulation in corn. *Nature and Science*, *8*, 23-27. (In Persian with English abstract)
7. Davani, D.M., Nabipoor, M., & Roshanfekr-Dezfooli, D.H. (2016). Effect of auxin, cytokinin and planting pattern on grain yield and salt tolerance indicators of maize. *Journal of Crop Production*, *9*(3), 191-209. (In Persian with English abstract). https://10.22092/sppj.2018.118940
8. Dehghan, M., Balouchi, H.R., Yadavi, A.R., & Safikhani, F. (2017). Effect of foliar application of brassinolide on grain yield and yield components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Sirvan under terminal drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Science*, *19*, 40-56. (In Persian with English abstract)
9. Dinler, B.S., Demir, E., & Kompe, Y.O. (2014). Regulation of auxin, abscisic acid and salicylic acid levels by ascorbate application under heat stress in sensitive and tolerant maize leaves. *Acta Biologica Hungarica*, *65*(4), 469-80. https://doi.org/10.1556/ABiol.65.2014.4.10
10. Faridi, F., Ramroudi, M., Galavi, M., Siahsar, B.A., & Khavari Khorasani, S. (2013). Effects of planting method on agronomic characteristics, yield and yield components of sweet and super sweet corn (*Zea mays* L.) varieties under saline conditions. *Journal of Agroecology*, *5*(2), 188-197. (In Persian with English abstract)
11. Ghoochi, E., Mohsenabadi, Z.G., Ehteshami, S.M.R., & Forghani, A. (2013). Integrated application of chemical, manure and biological fertilizers on growth characteristics of forage corn in Rasht region. *Cereal Research*, *3*(2), 143-154. (In Persian with English abstract)
12. Goda, D. (2019). Response of wheat to integrated nutrient management: A review. *Journal of Plant Sciences and Research*, *6*, 1-8.
13. Haji Hasani Asl, N., Moradi Aghdam, A., Shirani Rad, A.H., Hosseini, N., & Rassaei Far, M. (2010). Effect of drought stress on forage yield and agronomical characters of millet, sorghum and corn in delay cropping. *Journal of Crop Improvement*, *2*, 63-74. (In Persian with English abstract)
14. MAJ. (2021). *Agricultural Statistics: Agronomic Products*, 2020-2021. Center for Information and Communication Technology of Agricultural Jihad. Tehran, Iran. 100 p. (In Persian)
15. Majidian, M., Ghalavand, A., Karimian, N., & Kamgar Haghighi, A.A. (2008). Effects of moisture stress, nitrogen fertilizer, manure and integrated nitrogen and manure fertilizer on yield, yield components and water use efficiency of SC 704 corn. *Journal of Water and Soil Science*, *12*(45), 417-432. (In Persian with English abstract)
16. Marraccini, E., Debolini, M., Di Bene, C., & Bonari, E. (2012). Factors affecting soil organic matter conservation in Mediterranean hillside winter cereals-legumes cropping systems. *Italian Journal of Agronomy*, *7*, 283-292. https://doi.org/10.4081/ija.2012.e38
17. Moaieri, M. (2018). *Irrigation of Corn in Khuzestan*. Publication of Agricultural Education, Karaj, Iran. (In Persian)
18. Momeni, S. (2011). Effect of seed priming with salicylic acid and polyethylene glycol, and plant salmonella with salicylic acid on drought resistance of maize (*Zea mays* L.). M.Sc. Thesis for Seeds Science and Technology. Birjand University, Iran. (In Persian)
19. Moshatati, A., Khodaei Joghan, A., Siadat, S.A., Mousavi, S.H., & Rezaei, M. (2019). The effect of cattle manure and zeolite on bread wheat yield under drought stress condition. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *12*(4), 1179-1188. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22077/escs.2019.2124.1527
20. Mutegi, E.M., Kung'u, J.B., Muna, M., Pieter, P., & Mugendi, D.N. (2012). Complementary effects of organic and mineral fertilizers on maize production in the smallholder farms of Meru South District, Kenya. *Agricultural Sciences*, *3*(2), 221-229. https://doi.org/10.4236/as.2012.32026
21. Namazi, E., Lack, S., & Fatahi Nejad, E. (2015). Effect of vermicompost and chemical nitrogen fertilizer application on the various functioning of maize seeds. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, *3*(3), 263-268. https://doi.org/10.18006/2015.3(3).261.268
22. Nasrollahzade Asl, V., Moharramnejad, S., Yusefi, M., Bandehhagh, A., & Ibrahimi, L. (2017). Evaluation of

grain yield of maize (*Zea mays* L.) hybrides under water limitation. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *27*(2), 85-96. (In Persian with English abstract)

23. Pooresmail, H.A., Dehmardeh, M., & Ghanbari, A. (2019). Evaluation of quantitative and qualitative performance of corn forage 260 under the combined management of fertilizer and plant residues. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *16*(4), 861-879. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/gsc.v16i4.72820
24. Sabahi, H., Ghalavand, A., & Modares-Sanavi, S.A.M. (2008). Impacts of fertilization systems on nitrogen loss and yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *11*(2), 232-237.
25. Safi, S.N., Moshatati, A., Gharineh, M.H., & Khodaei-Joghan, A. (2022). The response of physiologic and qualitative traits of triticale to sugarcane residue compost under drought stress condition. *Journal of Crop Production*, *15*(2), 53-74. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22069/EJCP.2022.19356.2443
26. Seimarizade, S., Moshatati, A., Bakhshandeh, A., Khodaei Joghan, A., & Koochekzadeh, A. (2021). The effect of vermicompost on yield and yield components of wheat under terminal heat stress conditions in Ahwaz. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *14*(4), 1139-1145. (In Persian with English abstract). 20.1001.1.22287604.1400.14.4.21.4
27. Seyedzavar, J., Norouzi, M., Aharizad, S., & Bandehhagh, A. (2015). Relationship between yield and yield components of maize hybrids under different irrigation. *Journal of Crop Ecophysiology*, *9*(1), 83-108. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22077/escs.2020.3384.1853
28. Shirkhani, A., Nasrolahzadeh, S., & Zehtab Salmasi, S. (2019). Effect of biofertilizers and chemical fertilizers on yield and seed quality of corn under normal irrigation and drought stress conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, *12*(3), 781-791. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22077/escs.2018.542.1332
29. Soleimanifard, A., & Naseri, R. (2016). The effects of irrigation regimes and planting patterns on seed yield and some agronomic traits of maize (S.C. 604). *Journal of Crop Ecophysiology*, *10*(1), 201-212. (In Persian with English abstract)
30. Tahmasebi, M., Gharineh, M.H., Moshatati, A., & Khodaei-Joghan, A. (2022). The response of morphological and physiological traits and grain yield of corn to planting method and sugarcane residue compost. *Journal of Crop Production and Processing*, *12*(1), 31-44. (In Persian with English abstract)
31. Varnaseri Ghandali, V., Rezvani Moghaddam, P., & Khorramdel, S. (2016). Investigation of yield and yield components of canary seed forage (*Phalaris canariensis* L.) in response to different levels of irrigation, organic and chemical fertilizers and their integration. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *14*(3), 526-538. (In Persian with English abstract)
32. Yazdi Motlagh, A., Khavari Khorasani, S., Bakhtiari, S., & Musa-Abadi, J. (2012). Effects of planting methods on morpho-physiological traits, yield and yield components of forage corn (*Zea mays* L.) cultivars in saline condition. *Journal of Agroecology*, *4*(4), 327-334. (In Persian with English abstract)
33. Zadeh-omidi, F., & Marashi, S.K. (2019). Effect of amount of sugarcane compost and nitrogen on quantitative and qualitative yield of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research*, *14*(54), 12-20. (In Persian with English abstract)